

訂正有り

⑨日本国特許庁

⑩特許出願公開

公開特許公報

昭53-137657

⑪Int. Cl.²
H 03 D 3/00
H 04 L 27/22

識別記号

⑫日本分類
98(5) E 22

厅内整理番号
6628-53

⑬公開 昭和53年(1978)12月1日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑭位相復調装置

⑮特 願 昭52-52192
⑯出 願 昭52(1977)5月7日
⑰發明者 藤野忠

尼崎市南清水字中野80番地 三

菱電機株式会社通信機製作所内
⑱出願人 三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2
番3号
⑲代理人 弁理士 葛野信一 外1名

BEST AVAILABLE COPY

明細書

1. 発明の名称
位相復調装置
2. 特許請求の範囲

バーストモードで伝送され、そのブリアンプ部のユニーコードが2相PSK波で、かつデータ部が4相PSK波で形成されたバーストモードPSK波信号の搬送波を再生する2相用搬送波再生器および4相用搬送波再生器、この2相用搬送波再生器の出力を基準信号として上記2相PSK波を同期検波し、上記ユニーコードを検出するユニーコード検出部、上記2相用搬送波再生器の出力と上記2相用搬送波再生器の出力および上記2相用搬送波再生器の出力と $\frac{\pi}{2}$ rad 移相された上記2相用搬送波再生器の出力をそれぞれ位相比較してその位相差に応じて2値符号化すると共に、これらの符号出力値を上記ユニーコード検出部の検出値に応じて直接あるいは反転させて出力する位相比較器を備え、上記位相比較器の出力値により、上

記4相用搬送波再生器の出力を基準信号として同期検波される2相PSKの復調信号(データ)の位相不定性を除去するようにしたことを特徴とする位相復調装置。

3. 発明の詳細な説明

この発明はバーストモードPSK波信号を復調する位相復調装置に関するもので、特にその復調時において生ずる位相不定性(phase ambiguity)の改善に関するものである。

従来のこの種の装置は第1図に示すように、バーストモードPSK波信号(この場合、ブリアンプ部のユニーコードおよびデータ部は共に2相PSK波)は入力端子(1)を介して2相用搬送波再生器(2)、4相用の位相検波器(3)、(4)およびピットタイミング再生器(5)にそれぞれ入力されており、4相用搬送波再生器(2)ではその搬送波(無変調波)が、ピットタイミング再生器(5)ではピットタイミング波が再生出力される。この場合、4相用搬送波再生器(2)から出力される搬送波の位相は第2図に示すように $0^\circ, 90^\circ$

、 180° 、 -90° の4状態のうちいずれかをとり、その出力位相はいずれかの状態になるかは不確定である。

位相検出器(1)および(4)はこの4相用搬送波再生器(2)の出力をよりこれを各位相する移相器(3)の出力を基準信号として、入力端子(11)から入力される4相PSK波信号を同期検波し、その基底信号(baseband)信号をそれぞれ出力する。これらの基底信号は識別再生器(1)および(4)にそれぞれ入力され、識別再生器(1)および(4)はピントタイミング再生器(5)から出力されるピントタイミング反によりこれらの基底信号を各ピント毎に整形して復調信号を得、これをユニーカード検出器(6)およびアンビギュティスイッチ(7)にそれぞれ入力する。

ここで、識別再生器(1)および(4)で得られる復調信号は上述した位相不確定性を有しており、4相用搬送波再生器(2)の出力位相が 0° 以外の時は誤った復調信号を得ていることになる。そこで、入力端子(11)に入力されるバーストモード

(11)に入力されるバーストモードPSK波信号の搬送波信号電力対雜音電力比(以下CNRと云う)が良い場合(符号誤り率(以下BERと云う)が 10^{-4} 以下に相当)は問題ないが、悪い場合(BERが 10^{-4} 以上に相当)はユニーカード検出器(6)が誤動作し、ローラーの検出を誤ることがある。

しかるに最近ではCNRが悪い場合、例えばBERが 10^{-3} 以下において誤動作があつてはならない(ローラーの検出誤りが 10^{-8} 以下で、しかも位相不確定性が除去されていること)と云うような要求があり、この要求を満足せんには、従来の装置では不可能であつた。

この発明はこのような点にかんがみて考されたもので、CNRが悪化しても誤動作することなく確実に復調できる位相復調装置を提供するものである。

以下第3図に示すこの発明の一実施例について説明する。第3図において、(1)は4相用搬送波再生器、(2)は4相用の位相検出器、(3)は識別再

特開昭53-137657(2)

PSK波信号には、この位相不確定性を除去し、バーストタイミングを得るためにユニーカード(以下ローラーと云う)が各バースト毎に挿入されており、このローラーが4相PSK波で伝達される伝送系では、互いに直交する2つのローラー(P・Q)が送信されている。

ユニーカード検出器(6)に入力された復調信号ナカウラ復調されたローラーはその復調時における位相不確定性により($P \cdot Q$)、($\bar{Q} \cdot P$)、($Q \cdot \bar{P}$)、($\bar{P} \cdot \bar{Q}$)の4状態をとり、いずれかの状態がユニーカード検出器(6)により検出され、その検出結果がアンビギュティ制御器(8)に入力される。アンビギュティ制御器(8)はその検出結果の位相状態を判別し、位相ずれに応じた制御信号をアンビギュティスイッチ(7)に与える。このアンビギュティスイッチ(7)はこの制御信号により識別再生器(1)および(4)から出力される復調信号の位相不確定性を除去して出力端子(12a)および(12b)に出力する。

以上述べた従来の装置においては、入力端子

生器(2)およびユニーカード検出器(6)で構成されたユニーカード検出部、(8)は位相比較器、(7)はアンビギュティ制御器である。なお、(1)～(8)、(10)、(12a)、(12b)は第1図の従来装置と同一であるので説明は省略する。

このような構成において、入力端子(11)には第4図に示すようなプリアシブル部(ユニーカード)が2相PSK波で、データ部が4相PSK波からなるバーストモードPSK波信号が入力されるものとする。このバーストモードPSK波信号は4相用搬送波再生器(21)、2相用搬送波再生器(22)にそれぞれ入力され、その搬送波に再生されるのであるが、この場合、4相用搬送波再生器(21)の出力は上述したように4状態の位相不確定性をもち、また2相用搬送波再生器(22)は2相用のためその出力は2状態の位相不確定性をもつ(この位相状態を 45° 、 225° とする)。

ナカウラ、4相用搬送波再生器(21)の出力を a_1 、移相器(3)の出力を a_2 、また2相用搬送波再生器(22)の出力を a_3 とすると、

$$a_1 = \sin \left(\omega t + \frac{n\pi}{2} \right) \quad (1)$$

$$a_2 = \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} + \frac{n\pi}{2} \right) \quad (2)$$

$$a_3 = \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{4} + n\pi \right) \quad (3)$$

となる。なか、ロは4相用搬送波再生器④の位相不確定性を表わし、ロ=0(0°の場合)、1(90°)、2(180°)、3(-90°)、またロは2相用搬送波再生器④の位相不確定性を表わし、ロ=0(45°)、1(225°)とする。

この2相用搬送波再生器④の出力 a_1 を基準信号として、入力端子③から入力されるブリアンブル部の2相PSK波は位相検波器④において同期検波され、その検波出力は識別再生器⑥でピクトタイミング再生器⑦から出力されるピクトタイミング波により波形整形され、復調されたロ w を出力する。このロ w はRあるいは-Rの値を有し、このロ w 値はユニーカード検出器⑧により検出される。この場合Rを検出すれば2相用搬送波再生器④の出力位相は45°、Rを検出すれば225°である。

ところで、位相検波器④は2相用であるので、4相用の位相検波器④かおよび④に比べ、その検波出力レベルは8dB高くなり、このことはブリアンブル部のユニーカードが4相PSK送の場合BERが 10^{-2} に相当するのに対し、2相PSK波の場合BERが 4×10^{-4} に相当する。また2相用搬送波再生器④の方が4相用搬送波再生器④に比べ、その出力の雜音電力は減少する。したがつて、ユニーカード検出器⑧は從来装置におけるユニーカード検出器④に比べ、ロ w の検出を誤る確率は少なくなる。

位相比較器⑨は2相用搬送波再生器④の出力 a_1 と4相用搬送波再生器④の出力 a_2 および移相器⑩の出力 a_3 をそれぞれ同期検波する。この検波出力の直流分を A_1 および A_2 とすると、

$$A_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \left(\frac{2n-1}{4} \pi - m\pi \right) + \frac{1}{2} \quad (4)$$

$$A_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \left(\frac{2n+1}{4} \pi - m\pi \right) + \frac{1}{2} \quad (5)$$

となる。すなわち

m=0 n=0 の場合 (A ₁ , A ₂ = (1,1))	
1	(1,0)
2	(0,0)
3	(0,1)

m=1 n=0 の場合 (A ₁ , A ₂ = (0,0))	
1	(0,1)
2	(1,1)
3	(1,0)

となる。

ユニーカード検出器⑧はロ=0の場合Rを、ロ=1の場合は-Rを検出するので、これを位相比較器⑨に与え、Rを検出した時の位相比較器⑨の出力(A₁, A₂)の符号を反転させれば同式の符号組はロの組にかかわらず

n=0 の場合 (A ₁ , A ₂ = (1,1))	
1	(1,0)
2	(0,0)
3	(0,1)

となる。

この出力(A₁, A₂)をアンピギュティ制御器⑩に入力して位相状態を判別し、位相ずれに応じた制御信号がアンピギュティスイッチ⑪に与えられる。アンピギュティスイッチ⑪はこの制御信号により、識別再生器⑥かおよび⑩から出力される4相PSK波の各調信信号(データ)の位相不確定性を除去して出力端子(12a)かおよび(12b)に出力する。

以上はTDMA 4相PSK波のバーストモードの伝送系について説明したが、この発明はこれにSCPC-接続する場合のPSKに使用してもよい。

以上のようにこの発明に係る位相復調装置では受信CNRが悪くても操作動作をおこしくいものであるから、例えば、アンテナを小形化してアンテナ利得を下げたり、低雜音増幅器の雜音温度を上げるなどによつて衛星通信システムや地上通信システムの低コスト化ができる利点がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の位相復調装置の回路構成を示す系統図、第2図は第1図の動作を説明するための説明図、第3図はこの発明の一実施例の回路構成図、第4図は第3図の説明図である。

図中、121は4相用搬送波再生器、122は2相用搬送波再生器、123はユニーワード検出部、124は位相比較器、125はアンピギュティ制御器である。

なお図中、同一あるいは相当部分には同一符号を付して示してある。

代理人 葛野信一

図1図

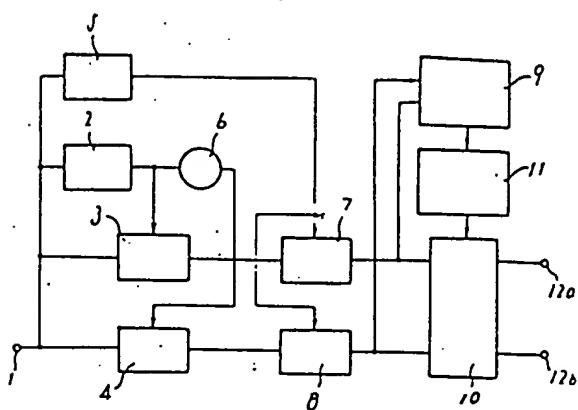


図2図

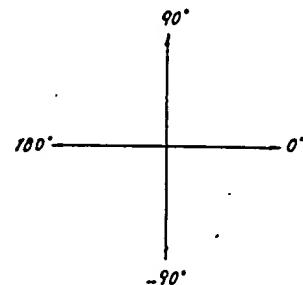
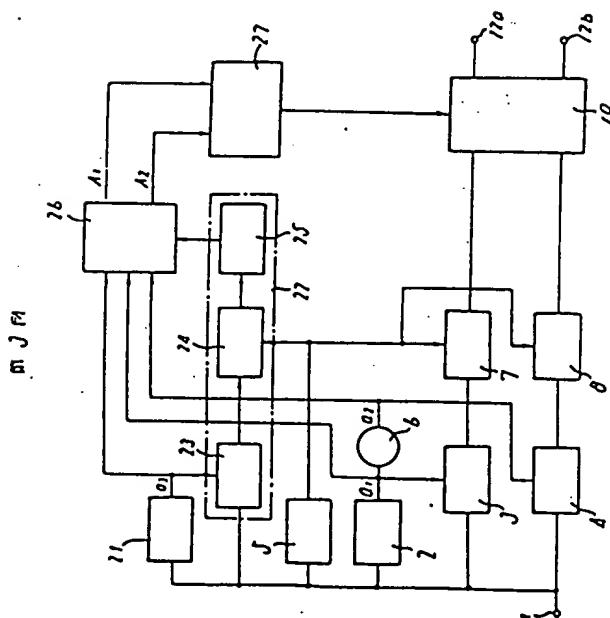
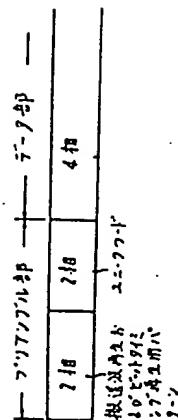


図4図



手続補正書(自署)

58年3月31日

昭和52年特許願第 52192号(特願昭
53-137657号 昭和53年12月1日
発行 公開特許公報 53-1377号掲載)につ
いては特許法第17条の2の規定による補正があつ
たので下記のとおり掲載する。 7(3)

Int. C.I.	識別記号	府内整理番号
	H03D 3/00	7402-5J
	H04L 27/22	7240-5K

特許庁長官殿

1. 事件の表示 特願昭52-062192号

2. 発明の名称 位相復調装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人
 住所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
 名称(601) 三菱電機株式会社
 代表者 片山仁八郎

4. 代理人 住所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
 氏名(6699) 三菱電機株式会社内
 代理士 佐野信一

(1)

5. 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明および図面の簡単な
説明の部

6. 補正の内容

- (1) 明細書第8頁第14行～第16行、第4頁第16行、
および第4頁第16行、第10頁第8行、および
第10頁第4行にそれぞれ「アンビギュティス
イツチ四」とあるのを「アンビギュイティス
イツチ四」と訂正する。
- (2) 同第4頁第12行に「アンビュユティ」である
のを「アンビギュイティ」と訂正する。
- (3) 同第4頁第18行、第6頁第8行、および第10
頁第2行にそれぞれ「アンビギュティ」とある
のを「アンビギュイティ」と訂正する。
- (4) 同第4頁第6行に「(P・Q)」とあるのを
「(P, Q)」と訂正する。
- (5) 同第4頁第9行～第10行に「(P・Q)、
(Q・P)、(Q・P)、(P・Q)」とあるのを「(P, Q)、(Q, P)、(Q, P)、
(P, Q)」と訂正する。

(6) 同第5頁第4行に「(10⁻⁴)」とあるのを
「10⁻⁴」と訂正する。

(7) 同第11頁第7行に「アンビギュティ」とある
のを「アンビギュイティ」と訂正する。

以上

No. 53-137657

SPECIFICATION

1. Title of the Invention

Phase demodulating apparatus

2. What is claimed is:

A phase demodulating apparatus comprising a two-phase carrier regenerator and a four-phase carrier regenerator for regenerating carries of burst mode PSK wave signals, transmitted in burst mode, of which unique word of preamble unit is formed of two-phase PSK wave, and data unit is formed of four-phase PSK wave, a unique word detector for detecting said unique word by synchronously detecting the two-phase PSK wave by using the output of the two-phase carrier regenerator as reference signal, and a phase comparator for comparing the phases of the output of said two-phase carrier regenerator, the output of said four-phase carrier regenerator, and the output of said four-phase carrier regenerator shifted in phase by $\pi/2$ (rad) from the output of said two-phase carrier regenerator, coding in 2-level value depending on each phase difference, and issuing these code output values directly or by inverting depending on the detected value of the unique word detector, wherein phase ambiguity of demodulated signal (data) of said four-phase PSK detected synchronously is removed, using the output of said four-phase carrier regenerator as the reference signal, by the output value of said phase comparator.

3. Detailed Description of the Invention

The present invention relates to a phase demodulating apparatus for demodulating burst mode PSK wave signal, and more particularly to an improvement of phase ambiguity occurring at the time of demodulation.

Hitherto, the apparatus of this kind was constructed as shown in Fig. 1, in which a burst mode PSK wave signal (in this case, the unique word of preamble unit and data unit are both four-phase PSK waves) is put into an input terminal (1), and further through this input terminal, it is fed into a four-phase carrier regenerator (2), four-phase detectors (3), (4), and a bit timing regenerator (5), and the four-phase carrier regenerator (2) issues its carrier (non-modulated wave), and the bit timing regenerator (5) issues a bit timing wave. In this case, the phase of the carrier issued from the four-phase carrier regenerator (2) is any one of four states, that is, 0 °, 90 °, 180 °, and -90 °, as shown in Fig. 2, and it is ambiguous in which state the output phase settles.

The phase detectors (3) and (4) synchronously detect the four-phase PSK wave signals entered from the input terminal (1) on the basis of the reference signal of the output of the four-phase carrier regenerator (2) and phase shifter (6) for shifting its phase by $\pi/2$, and issue their baseband signals, respectively. These baseband signals are fed respectively into discriminative regenerators (7) and (8), and the discriminative regenerators (7) and (8) shape the waveforms of

these baseband signals in every bit by the bit timing wave issued from the bit timing regenerator (5), and obtain demodulated signals, then feed them into a unique word detector (9) and an ambiguity switch (10).

The demodulated signals obtained in the discriminative regenerators (7) and (8) involve the phase ambiguity mentioned above, and unless the output phase of the four-phase carrier regenerator (2) is 0° , wrong demodulated signal is obtained. Accordingly, in the burst mode PSK wave signal entered in the input terminal (1), a unique word (hereinafter called UW) is inserted in every burst for obtaining the burst timing, and in the transmission system for transmitting this UW in four-phase PSK wave, mutually orthogonal two UW (P, Q) are transmitted.

The demodulated signal fed into the unique word detector (9), that is, the demodulated UW may exist in one of four states (P, Q) , (\bar{Q}, P) , (Q, \bar{P}) , and (\bar{P}, \bar{Q}) , depending on the phase ambiguity at the time of demodulation, and any one state is detected by the unique word detector (9), and the detected value is put into an ambiguity controller (11). The ambiguity controller (11) judges the phase state of the detected value, and gives a control signal depending on the phase deviation to an ambiguity switch (10). The ambiguity switch (10) removes the phase ambiguity of the modulated signals issued from the discriminative regenerators ((7) and (8)) by this control signal, and issues to output terminals (12a) and (12b).

In the conventional apparatus described so far, as far as the ratio of the carrier signal electric power to the noise

electric power (hereinafter called CNR) of the burst mode PSK wave signal entered in the input terminal (1) is favorable (the bit error rate (BER) corresponding to 10^{-4} or less), there is no problem, but inferior (BER corresponding to over 10^{-4}), the unique word detector (9) may malfunction, and detection of UW may fail.

Recently, therefore, when the CNR is poor, for example, it is required that no malfunction should occur at the BER of less than 10^{-2} (that is, the detection error of UW be 10^{-8} or less, and phase ambiguity should be removed), this requirement could not be satisfied by the conventional apparatus.

The invention is devised in the light of such background, and it is hence an object thereof to present a phase demodulating apparatus capable of demodulating securely without malfunctioning even if the CNR is worsened.

An embodiment of the invention shown in Fig. 3 is described. In Fig. 3, reference numeral (21) is a two-phase carrier regenerator, (22) is a two-phase detector, (23) is a unique word detector composed of discriminative regenerator (24) and unique word detector (25), (26) is a phase comparator, and (27) is an ambiguity controller. Reference numerals (1) to (8), (10), (12a), and (12b) are same as in the conventional apparatus in Fig. 1, and their description is omitted.

In this constitution, suppose the input terminal (1) has received the burst mode PSK wave signal composed of two-phase PSK wave in the preamble unit (unique word) and four-phase PSK wave in the data unit as shown in Fig. 4. This burst mode PSK

wave signal is put into the four-phase carrier regenerator (2) and two-phase carrier regenerator (21), and regenerated into carriers, and in this case it is supposed that the output of the four-phase carrier regenerator (2) has four states of phase ambiguity as mentioned above, and that the output of the two-phase carrier regenerator (21) has two states of phase ambiguity for the sake of two phases (these phase states are 45° and 225°).

That is, supposing the output of the four-phase carrier regenerator (2) to be a_1 , the output of the phase shifter (6) to be a_2 , and the output of the two-phases carrier regenerator (21) to be a_3 ,

$$a_1 = \sin \left\{ \omega_o t + \frac{n\pi}{2} \right\} \quad (1)$$

$$a_2 = \sin \left\{ \omega_o t + \frac{\pi}{2} + \frac{n\pi}{2} \right\} \quad (2)$$

$$a_3 = \sin \left\{ \omega_o t + \frac{\pi}{4} + m\pi \right\} \quad (3)$$

are obtained. Herein, n denotes the phase ambiguity of the four-phase carrier regenerator (2), being $n = 0$ (in the case of 0°), 1 (90°), 2 (180°), and 3 (-90°), and m denotes the phase ambiguity of two-phase carrier regenerator (21), being $m = 0$ (45°), 1 (225°).

Using the output a_3 of the two-phase carrier regenerator (21) as the reference signal, the two-phase PSK wave of the preamble unit entered from the input terminal (1) is synchronously detected by the phase detector (23), its detection output is shaped in waveform by the bit timing wave issued from the bit timing regenerator (5) by the discriminative

regenerator (24), and the demodulated UW is issued. This UW has a value of R or \bar{R} , and this UW value is detected by the unique word detector (25). In this case, when detecting R, the output phase of the two-phase carrier regenerator (21) is 45°, and when detecting \bar{R} , it is 225°.

Incidentally, since the phase detector (21) is for two phases, and as compared with the four-phase detectors (3) and (4), its detection output level is higher by 8 dB, that is, when the unique word of the preamble unit is four-phase PSK wave, the BER corresponds to 10^{-2} , or in the case of two-phase PSK wave, the BER corresponds to 4×10^{-4} . Besides, the two-phase carrier regenerator (21) decreases in the noise power of its output as compared with the two-phase carrier regenerator (2). Therefore, the unique word detector (25) is lower in the probability of detection error of UW as compared with the unique word detector (9) in the prior art.

The phase comparator (26) synchronously detects the output a3 of the two-phase carrier regenerator (21), the output a1 of the four-phase carrier regenerator (2), and the output a3 of the phase shifter (6). The DC components of the detection output A_1 and A_2 are

$$A_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos\left(\frac{2n-1}{4}\pi - m\pi\right) + \frac{1}{2} \quad (4)$$

$$A_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos\left(\frac{2n+1}{4}\pi - m\pi\right) + \frac{1}{2} \quad (5)$$

That is,

In the case of $m=0, n=0, (A_1, A_2) = (1, 1)$ (6)

In the case of $m=0, n=1, (A_1, A_2) = (1, 0)$

In the case of $m=0$, $n=2$, $(A_1, A_2) = (0. 0)$

In the case of $m=0$, $n=3$, $(A_1, A_2) = (0. 1)$

In the case of $m=1$, $n=0$, $(A_1, A_2) = (0. 0)$

In the case of $m=1$, $n=1$, $(A_1, A_2) = (0. 1)$

In the case of $m=1$, $n=2$, $(A_1, A_2) = (1. 1)$

In the case of $m=1$, $n=3$, $(A_1, A_2) = (1. 0)$

Since the unique word detector (26) detects R in the case of $m=0$, and detector \bar{R} in the case of $m=1$, by giving it to the phase comparator (26), the code of the output (A_1, A_3) of the phase comparator (26) is inverted only when R- is detected, the value of formula (6) is as follows regardless of the value of m:

In the case of $n=0$, $(A_1, A_2) = (1. 1)$ (7)

In the case of $n=1$, $(A_1, A_2) = (1. 0)$

In the case of $n=2$, $(A_1, A_2) = (0. 0)$

In the case of $n=3$, $(A_1, A_2) = (0. 1)$

Feeding this output (A_1, A_3) into the ambiguity controller (27), the phase state is judged, and the control signal depending on the phase deviation is given to the ambiguity switch (10). By this control signal, the ambiguity switch (10) removes the phase ambiguity of demodulated signal (data) of four-phase PSK wave issued from the discriminative regenerators (7) and (8), and issues to the output terminals (12a) and (12b).

So far is explained about the transmission system of the burst mode of the TDMA four-phase PSK wave burst mode, but not limited to this, the invention may be applied also in the SCPC-PSK.

Thus, in the phase demodulating apparatus of the invention, malfunction hardly occurs if the reception CNR is poor, and therefore, the antenna gain may be lowered by reducing the size of antenna, or the noise temperature of the low noise amplifier may be raised, so that the satellite communication system or ground communication system may be lower in cost.

4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a block diagram showing a circuit configuration of a conventional phase demodulating circuit, Fig. 2 is an explanatory diagram for explaining the operation of Fig. 1, Fig. 3 is a block diagram showing a circuit configuration of an embodiment of the invention, and Fig. 4 is an explanatory diagram of Fig. 3.

In the drawings, reference numeral (2) is a four-phase carrier regenerator, (21) is a two-phase carrier regenerator, (22) is a unique word detector, (26) is a phase comparator, and (27) is an ambiguity detector.

Same parts or corresponding parts in the drawings are identified with same reference numerals.

Attorney: Shin-ichi Kuzuno, patent attorney

Fig. 4

Preamble unit

Data unit

2 phases

2 phases

4 phases

Pattern for regeneration of carrier and regeneration of bit
timing

Unique word

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.